

Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros

María Martínez-Chico¹; María Rut Jiménez Liso¹ y Rafael López-Gay Lucio-Villegas²

¹Universidad de Almería, ²IES Nicolás Salmerón. Almería. España. maria.martinez.chico@gmail.com

[Recibido en diciembre de 2013, aceptado en julio de 2014]

Los trabajos sobre formación de maestros para enseñar ciencias no suelen contemplar la evaluación de la efectividad de los programas formativos. En este artículo evaluamos una propuesta formativa para futuros maestros con un enfoque de enseñanza de las ciencias *por indagación centrada en modelos* y el efecto que produce en las concepciones didácticas de los futuros maestros sobre el aprendizaje, la eficacia de los enfoques de enseñanza y el reduccionismo conceptual del contenido de la enseñanza de las ciencias. Para esta evaluación hemos utilizado una actividad aplicada al comienzo y al finalizar la propuesta formativa, en la que han de indicar qué enseñar sobre Sol-Tierra, cuánto tiempo dedicarían y su grado de preparación. Los resultados muestran que la propuesta promueve el cuestionamiento del pensamiento docente de sentido común para avanzar hacia visiones más amplias del contenido, más constructivistas, más centradas en cuestiones con sentido para los que aprenden, que buscan la expresión y discusión de las primeras respuestas así como la búsqueda y discusión de pruebas.

Palabras clave: Formación inicial de maestros; evaluación de la efectividad de programas formativos; cambio en concepciones didácticas.

Effect of a training course to teach science through model-based inquiry on prospective teachers' didactic conceptions

Progress in research on science education contrasts with limited discussion of specific evaluation methods of initial training courses' effectiveness. In this paper we evaluate an Initial Primary teachers training course through Model-Based Inquiry and its effect on prospective teachers' conceptions about learning, teaching and reductionism of science education content. For this evaluation students were asked to indicate what contents they would teach about the Sun-Earth movements, how much time they would spend, and their degree of readiness to teach these contents, at the beginning and the end of the training proposal. Results show the training course effect on promoting the teachers' thoughts questioning and a progression towards: more constructivist views and teaching approaches focused on engaging students in scientific questions, hypothesis formulation and conclusions based on evidence.

Keywords: Initial Primary teacher training; evaluation of the teacher training courses' effectiveness; didactic conceptions change.

Introducción

Las investigaciones en formación inicial del profesorado en ciencias sobre el pensamiento docente suelen centrarse, como señala Abell (2007), por un lado, en el conocimiento científico-epistemológico de los futuros maestros, es decir, el dominio del contenido científico, su visión sobre la ciencia y cómo se construye; y, por otro lado, en su conocimiento didáctico, es decir, en las concepciones de los docentes sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias o en las diferentes dimensiones curriculares que explicitan (qué enseñarían, cómo lo enseñarían). En el presente trabajo queremos centrarnos en este último conocimiento didáctico para analizar el efecto que produce una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales (en adelante DCE) sobre la progresión de las concepciones de maestros de Primaria en formación inicial.

En trabajos previos (Martínez-Chico, 2013) hemos diseñado, implementado y evaluado una propuesta para la asignatura de DCE para maestros en formación centrada en que cuestionen su *pensamiento científico-didáctico espontáneo* (Gil, 1991) construido a partir de sus experiencias

como alumnos. Para ello les ofrecemos una experiencia de aprendizaje “alternativa” con un enfoque de enseñanza por *indagación basado en modelos* (en adelante IBM).

Ese *pensamiento docente espontáneo*, de “sentido común”, puede constituir un verdadero impedimento para el cambio en la enseñanza (Tobin y Espinet, 1989) si no se le presta especial atención en la formación inicial y permanente para alcanzar cambios sustanciales (Milner et al., 2012), pues influye directamente en las decisiones que toman respecto a dimensiones curriculares como la selección de contenidos (Hewson et. al, 1999). Por ello consideramos que en la formación inicial debemos cuestionar ese pensamiento y hacer explícito el contraste de ideas de los futuros maestros tanto al comienzo como al final del curso para mostrarles su evolución.

En el presente trabajo mostramos el análisis en profundidad de una actividad desarrollada en el aula (tabla 2) que sirve para autorregular (Sanmartí, 2002) ese contraste de ideas y que permite, a modo de pre-test y pos-test, evaluar el efecto de nuestra propuesta formativa en ese cambio del conocimiento didáctico, en concreto, en:

- Cuestionar el reduccionismo conceptual del contenido de la enseñanza de las ciencias abstracto y descontextualizado, y promover un cambio hacia concepciones más amplias del contenido.
- Cuestionar las concepciones ingenuas sobre el aprendizaje basadas en la memorización de contenidos ya elaborados, y promover un cambio hacia concepciones constructivistas.
- Cuestionar la eficacia de los enfoques de enseñanza basados en la transmisión de conocimientos y promover un cambio hacia enfoques centrados en cuestiones con sentido para los que aprenden, que buscan la expresión y discusión de las primeras respuestas así como la búsqueda y discusión de pruebas.

Para lograr estos cuestionamientos nuestra propuesta formativa favorece la reflexión explícita, aceptando las recomendaciones de diferentes autores (Wandersee et al., 1994; Akerson y Hanuscin, 2007; Abd-El-Khalick, 2012) sobre la importancia de que los futuros docentes *vivan* secuencias de enseñanza durante su formación que les sirvan de modelo metodológico alternativo a como fueron enseñados, *al modelo didáctico de sentido común* (Porlán et. al, 2010), y ofrece un proceso de aprendizaje sobre un contenido científico (Sol-Tierra) mediante un enfoque de enseñanza IBM, en el que reconocer cómo están aprendiendo y cómo les estamos enseñando.

Marco teórico: indagación basada en modelos

Una formación inicial que pretenda ayudar a los futuros maestros a cuestionar el pensamiento docente de sentido común y a construir conocimiento práctico no puede ser neutral, sino que precisa adoptar enfoques de enseñanza concretos. En nuestra propuesta formativa (Martínez-Chico, 2013) optamos por un enfoque de enseñanza IBM (Steward et al., 2005; Khan, 2007; Schwarz & Gwekwerere, 2007) porque pretende promover que los estudiantes se cuestionen sus concepciones sobre los fenómenos en estudio, que diseñen experiencias para la búsqueda de pruebas con las que contrastarlas y cuestionarlas, y el uso de modelos científicos. De manera que integramos el aprendizaje de contenido científico y epistemológico, facilitando la construcción y evaluación de modelos teóricos para explicar las evidencias disponibles, en la línea de autores como Windschitl et al, (2008), Viennot, (2011) o Rodríguez-Simarro, (2011); así como la reflexión sobre cómo enseñamos y cómo aprenden los futuros maestros.

Nuestra visión de *la indagación basada en modelos* (MBI del término anglosajón *Model-Based Inquiry*) se refiere a un proceso dinámico del aprendizaje, orientado a construir conocimiento

descriptivo, explicativo y predictivo, produciendo una evolución en las ideas de los que aprenden, mientras se preguntan sobre un fenómeno (Stewart et. al., 2005; Windschitl y Thompson, 2006; Schwarz et. al., 2009). Para mostrar de forma más precisa el sentido que damos a este enfoque, exponemos de manera esquemática las características esenciales “desde la perspectiva del que aprende” que atribuimos al mismo, las cuales surgen combinando los planteamientos sobre las prácticas indagatorias y el modelado (NRC, 2000 y Schwarz et al., 2009):

- Enfrentarse con cuestiones científicas sobre fenómenos naturales o tecnológicos, cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas.
- Formular explicaciones justificadas, bien hipótesis que expresan una relación entre variables, o bien modelos que expresan su comprensión de la realidad.
- Buscar pruebas que permitan contrastar las explicaciones, mediante datos obtenidos a través de diseños experimentales propios, la búsqueda de información o la consistencia encontrada en otros conocimientos ya consolidados.
- Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, adaptando las explicaciones inicialmente formuladas a la nueva información, mejorando así su validez o utilidad.
- Comunicar e intercambiar ideas, considerando explicaciones alternativas a las personales y sometiendo a crítica el proceso y conclusiones obtenidas.
- Utilizar y revisar las explicaciones/modelos, evaluándolas a la luz de otras bien argumentadas con mayor capacidad explicativa.

Este enfoque de enseñanza nos sirve, además, como marco teórico para el análisis de los resultados del presente trabajo de investigación.

Contexto

El programa diseñado se ha puesto en práctica en 45 horas de la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales (en adelante DCE) I en el título de Grado de Maestro E. Primaria de la Universidad de Almería en el curso académico 2011/12, donde la formación en DCE para maestros de Primaria se reparte en dos asignaturas con estas características (tabla 1).

Para lograr los objetivos de la asignatura DCE I, hemos diseñado un programa formativo en el que combinamos la reflexión explícita sobre la naturaleza de los conocimientos científicos descriptivos y explicativos trabajados, sobre cómo están aprendiendo y sobre cómo enseñar con la *vivencia* de una experiencia de aprendizaje basada en la indagación y centrado en la construcción y uso de modelos, en concreto, para el tópico *Sol-Tierra*. Los materiales diseñados se han organizado en secuencias de actividades que incluyen *ciclos de indagación*, donde se trabaja el contenido científico y didáctico de forma integrada, intentando favorecer que los futuros maestros *hablen y hagan ciencia* y que construyan criterios para identificar una *adecuada* enseñanza de las ciencias al reconocer cómo les enseñamos y cómo están aprendiendo. La propuesta completa se desarrolla en Martínez-Chico (2013).

Tabla 1. Distribución de los créditos DCE en la Universidad de Almería.

Asignatura ¹	Horas (ECTS)	Curso	Nº de alumnos	Finalidades de nuestra propuesta formativa en este contexto
Didáctica de las Ciencias Experimentales I	60h (9) 35 h en grupo docente (GD) 25 h en Grupo de Trabajo (GT)	2º	261 alumnos en cuatro grupos GD (65 alumnos) y ocho GT (35 alumnos)	Cuestionar el pensamiento de sentido común sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, Reconocer las características de la IBM (<i>hacer ciencia</i>) Adquirir dominio en un contenido científico (Modelo Sol-Tierra) y en cómo se construye la ciencia, de manera integrada Disponer de criterios sobre lo que sería una efectiva enseñanza de las ciencias para analizar y adaptar propuestas de enseñanza
Didáctica de las Ciencias Experimentales II	40h (6)	4º	(En fase de diseño)	Diseñar y/o adaptar propuestas con las características de una enseñanza basada en la indagación para Primaria Evaluar las propuestas tras su implementación y analizar (modificar, si procede) a la luz de las conclusiones de la evaluación. Adquirir dominio en otros contenidos científicos (Modelo Ser Vivo, Materia, etc.) y en cómo se construye la ciencia, de manera integrada. Poner en práctica (en conjunción con el Practicum) las propuestas diseñadas/adaptadas y evaluar su implementación.

Objetivos de investigación

Como hemos indicado, este trabajo forma parte de uno más amplio en el que evaluamos la efectividad de la propuesta formativa de DCE para maestros. Para analizar el efecto de la misma en promover una evolución en diferentes aspectos relacionados con las ideas de los futuros maestros diseñamos y validamos diferentes instrumentos: cuestionarios, diario de clase de profesores, diarios y producciones de alumnos, entrevistas semi-estructuradas, etc.

En el presente artículo presentamos los resultados relativos a uno de esos instrumentos para analizar el efecto del programa sobre las concepciones didácticas de los futuros maestros en relación al:

- contenido a enseñar (Sol-Tierra),
- dominio que tienen los futuros maestros sobre ese contenido a enseñar y
- aprendizaje y a las posibles dificultades de los alumnos de Primaria

Metodología

Para analizar si hay evolución en estas concepciones didácticas hemos utilizado una metodología cuasiexperimental con actividad pre/post-programa como instrumento de análisis, sin grupo control. Para recoger por escrito los resultados se les entregó una ficha (tabla 2), donde escribieron las respuestas del grupo al apartado *a*, la media de las respuestas

¹ Datos extraídos del Plan de estudios del Grado de Maestro E. Primaria en la Universidad de Almería disponible en <http://cms.ual.es/UAL/estudios/grados/GRADO1910> y para la distribución por grupos docentes y de trabajo ver guía didáctica del alumno del curso 2011-2012 disponible en http://cvirtual.ual.es/guiado/servlet/bin?id=5752_CAS

individuales o el acuerdo del grupo en el apartado *b*, y las diferentes respuestas individuales en el apartado *c*.

Tabla 2. Ficha para la actividad pre-post programa.

<i>Fecha:</i>	<i>Grupo (ABCD):</i>						
<i>Nombre de los componentes del grupo:</i>							
<i>Para 5º curso de Primaria, como si fuese la primera vez que estudian sobre los movimientos del Sol y/o la Tierra...</i>							
<i>¿Qué enseñaríais? Haced una lista ordenada según el orden que seguiríais.</i>							
<i>¿Cuántas horas de clase necesitaríais para enseñarlo? (Media):</i>							
<i>Valoración de 0 a 10 del grado de preparación de cada uno de vosotros para enseñar esos contenidos</i>							
<i>(no especificar nombre)</i>	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						

Esta actividad fue desarrollada por 17 grupos (N=48) el primer día de la propuesta formativa y por 18 grupos (N=52) al finalizar el curso. Hemos de advertir que los componentes de cada grupo al comienzo de la propuesta formativa no coinciden con los del final de curso, lo que nos impedirá realizar la comparación grupo a grupo para ver el efecto de la propuesta en cada uno de ellos.

Resultados y análisis

A continuación mostraremos los resultados pre-post programa siguiendo el orden las preguntas de la actividad A.1, de manera que esto permita su posterior análisis en función de los aspectos de las concepciones didácticas analizadas.

Resultados y análisis sobre qué contenidos enseñarían

Resultados del pre-test, al comienzo del programa (20/02/2012)

Las respuestas dadas al apartado *a* de la actividad nos ofrecen información sobre el tipo de contenido que los futuros maestros consideran necesario enseñar acerca de los movimientos Sol-Tierra, así como el orden que asignarían a tales contenidos.

A continuación se presentan de forma sintética los contenidos que enseñaría cada uno de los grupos, añadiendo en una última columna la frecuencia con la que aparece cada contenido, es decir, el número de grupos que lo contempla en su propuesta.

Tabla 3. Frecuencias y contenidos científicos explicitados al comienzo del programa (20/02/2012).

	Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Frec
1	Universo			X	X				X										3
2	Galaxias			X	X				X										1
3	Vía Láctea			X	X				X										2
4	Estrellas			X			X				X								3
5	Constelaciones			X															1
6	Sistema solar			X		X		X	X	X			X	X	X		X	X	10
7	Planetas		X	X			X	X	X	X			X	X	X		X	X	11
8	Sol		X		X	X	X	X	X	X								X	9
9	Tierra		X		X	X	X	X	X	X		X				X	X	X	11
10	Eje de la Tierra	X																	1
11	Distancia Sol-Tierra	X		X											X				3
12	Órbitas			X															1
13	Ubicación								X		X								2
14	Dist. planetas-Sol								X		X			X					2
15	Mov. de Rotación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17
16	Mov. de Traslación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	17
17	Duración rot y trasl										X								1
18	Día (24h)				X														1
19	Día/noche				X	X	X	X	X	X				X		X			7
20	Estaciones	X			X	X	X	X	X					X		X	X		9
21	Horas, min, seg.								X										2
22	Diferencias horarias								X				X				X		3
23	Bisiesto			X											X				2
24	Importancia para vida								X	X									2
25	Planeta y seres vivos									X									1
26	Satélites		X									X	X				X	X	5
27	Luna	X	X									X	X						4
28	Movimientos Luna	X										X	X						2
29	Mareas	X																	1
30	Conocimientos previos		X						X				X				X		4
31	Preguntas		X					X	X						X				4
32	Reflexión finalidad de este tema				X														1
33	Videos, ilustraciones, maqueta, simulación		X						X					X					3

Como podemos observar en la numeración de la primera columna (tabla 3), al comenzar el programa los estudiantes de Maestro E. Primaria enseñarían 29 contenidos científicos diferentes, referidos a hechos o conceptos (fondo azul). Tan solo expresan cuatro (30-33 inclusive) actividades a realizar (no concretadas por ningún grupo) *para indagar los conocimientos previos de los alumnos, reflexionar sobre la finalidad del tema, hacer simulaciones o ver vídeos, y plantear preguntas* (fondo verde).

La última columna de la tabla 3 muestra la frecuencia y en ella podemos observar que todos los grupos ($f=17$) enseñarían los movimientos de rotación y de traslación, y la mitad ($f=7-9$) enseñaría sus consecuencias observables como la sucesión día/noche, estaciones, etc. Los otros contenidos señalados por la mitad o más de los grupos son: el Sistema solar, los planetas, la Tierra y el Sol (definiciones y diferencias).

En cuanto al orden de contenidos planteado, las propuestas más utilizadas antes de cursar el programa formativo se corresponden con la secuencia *Universo → Galaxias → estrellas Sistema Solar → Planetas → Tierra → Movimientos de rotación y traslación (estaciones y alternancia día/noche)*.

En el listado de los grupos, también hemos observado la presencia de algunas cuestiones que plantearían a los alumnos en cuatro de los grupos implicados (tabla 4).

Tabla 4. Listado de preguntas aportadas por los grupos (20/02/2012).

Preguntas	Grupo
<i>¿Qué es el Sol? ¿Qué es la Tierra?</i>	2, 9
<i>¿Por qué la Tierra es un planeta?</i>	6
<i>¿Qué conocen sobre los movimientos del Sol y la Tierra?</i>	2
<i>¿Qué es la materia?, ¿cómo está formada? ¿De qué está formada la Tierra? ¿Dónde se encuentra la Tierra con respecto al Sol en el Sistema Solar?</i>	15

Resultados del pos-test, al finalizar el programa formativo (06/06/2012)

En la tabla 5 se presentan los contenidos que enseñaría cada uno de los 18 grupos (denominados alfabéticamente para distinguirlos de los grupos pre-test), añadiendo en una última columna la frecuencia con la que aparece cada contenido (información correspondiente al apartado *a* de la actividad).

Como se puede observar en la primera columna de la tabla 5, al finalizar el curso, los estudiantes ofrecen 46 contenidos a enseñar, de los cuales 34 contenidos son sobre hechos y conceptos (fondo azul), 10 sobre destrezas y habilidades científicas relacionadas con la IBM (fondo rosa) y 2 propuestas redactadas en forma de actividades (fondo verde): lluvia de ideas, *google Earth*, etc.

Las frecuencias más altas las obtienen las estaciones ($f=10$), número de horas de luz solar, orto, ocaso y la trayectoria del Sol ($f=7$). El orden de contenidos predominante en las propuestas de los grupos al finalizar el curso comienzan con fenómenos observables (horas de luz solar, orto, ocaso) para terminar en el uso de un modelo Sol-Tierra.

Entre los contenidos IBM destaca las hipótesis ($f=7$) y mayoritariamente, el planteamiento de preguntas ($f=10$). En esta ocasión, diez de los grupos que realizaron el pos-test incluyeron entre sus propuestas preguntas, aumentando considerablemente tanto el número como la variedad de estas (tabla 6).

Tabla 5. Frecuencias y contenidos científicos explicitados al finalizar el programa formativo (06/06/2012).

	Grupo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Ñ	O	P	Q	Frec
1	<i>Posición del Sol</i>					X											X			2
2	<i>Trayectoria del Sol</i>	X	X					X		X		X						X	X	7
3	<i>Mov. de la Tierra respecto al Sol</i>		X					X		X						X				4
4	<i>Rotación</i>											X	X			X	X	X	X	5
5	<i>Traslación</i>											X	X				X	X	X	5
6	<i>¿Quién se mueve la Tierra o el Sol?</i>				X		X		X			X								4
7	<i>Inclinación rayos</i>					X	X			X						X				4
8	<i>Sombra de palo vertical</i>							X									X			2
9	<i>Horas de luz solar</i>	X	X		X	X	X			X							X			7
10	<i>Día / noche</i>				X	X	X					X	X			X	X			6
11	<i>EAM</i>	X	X		X	X										X	X			4
12	<i>Azímuth</i>	X			X	X			X	X						X				5
13	<i>Solsticios</i>		X																	1
14	<i>Equinoccios</i>		X																	1
15	<i>Estaciones</i>				X	X	X		X	X		X	X			X		X	X	10
16	<i>Almería (su localidad)</i>	X	X		X	X	X									X				5
17	<i>Otras localidades</i>	X														X				2
18	<i>Orto</i>	X	X						X	X						X	X			7
19	<i>Ocaso</i>	X	X						X	X						X	X			7
20	<i>Mediodía</i>		X																	1
21	<i>En un día</i>	X								X						X				3
22	<i>En todo el año</i>	X														X				2
23	<i>Hemisferios</i>													X						1
24	<i>Latitud</i>					X								X						2
25	<i>Vista lateral/ Polo N</i>				X															1
26	<i>Calor / frío</i>						X													1
27	<i>Sistema Solar</i>											X	X			X		X		4
28	<i>Planetas</i>						X	X										X		3
29	<i>Tierra (definición o características)</i>							X								X		X	X	4
30	<i>Sol (características o definición)</i>							X	X							X		X	X	4
31	<i>Sistema solar geo y heliocéntrico</i>															X				1
32	<i>Órbita circular vs elíptica</i>															X				1
33	<i>Calendario</i>																	X	X	2
34	<i>Universo</i>																		X	1
35	<i>Preguntas</i>				X		X	X	X	X	X	X	X			X				10
36	<i>Hipótesis formuladas por los alumnos</i>	X		X					X						X	X				6
37	<i>Observación</i>	X																		1
38	<i>Búsqueda de pruebas (fuentes fiables)</i>	X		X	X				X					X						5
39	<i>Análisis</i>	X																		1
40	<i>Puesta en común (comunicación)</i>	X		X					X					X						4
41	<i>Comprobar, refutar, verificar</i>			X					X					X			X			4
42	<i>Conclusión</i>	X																		1
43	<i>Modelo</i>	X							X											2
44	<i>Predecir</i>	X																		1
45	<i>Concepciones, lluvia de ideas</i>			X					X				X	X						4
46	<i>Acts.: Experimental, Tecnológico (Google Earth), Ejs. de</i>					X							X				X			3

Tabla 6. Listado de preguntas aportadas por los grupos (06/06/2012).

Preguntas	Grupos
<i>¿Quién gira la Tierra o el Sol?</i>	D, F, H, J, K
<i>¿Por qué se producen el día y la noche?</i>	F, I
<i>¿Por qué se producen las estaciones?</i>	F, I
<i>¿Por qué hace más calor en verano y más frío en invierno?</i>	F
<i>¿Qué pasa con la Tierra y el Sol?</i>	G
<i>¿Qué sabéis del Sol?</i>	H
<i>¿Siempre aparece o desaparece por el mismo sitio?</i>	H, P
<i>El Sol, ¿está relacionado con las estaciones?</i>	H
<i>¿Cómo colocar un captador solar un día determinado en una localidad?</i>	I
<i>¿Cómo giran el Sol y la Tierra?</i>	J
<i>¿Cómo crees que se producen el día-noche?</i>	L
<i>¿Cómo deben llegar los rayos de Sol a la Tierra para que en Almería esto ocurra así? (esto: características de una estación)</i>	N

Análisis de los resultados sobre qué contenidos enseñarían

Al comienzo del programa, la frecuencia sobre los distintos contenidos de enseñanza que proponen los grupos se centran mayoritariamente en los movimientos de rotación y traslación (todos los grupos), rotación-traslación (mitad) y las definiciones de astros (Sol, Tierra, Sistema Solar, Planetas, etc.). Esto revela que los estudiantes, al principio de la propuesta formativa, muestran una visión reduccionista, memorística y descontextualizada, de carácter abstracto, sobre los contenidos a enseñar. Las escasas preguntas planteadas en cuatro grupos (*¿qué conocen sobre los movimientos...?*) inciden del mismo modo en una enseñanza centrada en definiciones y conceptos o en averiguar lo que ya saben (el nivel de entrada sobre el tema).

Si profundizamos en el análisis de la información presentada en la tabla 3, podemos realizar una lectura vertical con la que identifiquemos similitudes en el planteamiento del contenido por grupos, de manera que identifiquemos “perfiles” para agrupar las propuestas (tabla 7).

Todos los perfiles de la tabla 7 muestran que los maestros en formación inicial priorizan aspectos conceptuales como ya señalaron Scott et. al. (2006) frente a los procedimentales que son escasamente señalados o la ausencia de contenidos actitudinales, resultados similares a obtenidos por De Pro y Saura (2000).

Tabla 7. Perfiles de los grupos identificados al comienzo del programa formativo (20/02/2012).

Perfiles	Características	Grupos
Del Universo a los movimientos de la Tierra y sus consecuencias	Estos grupos parten de conceptos generales (universo, galaxia, constelaciones) para centrarse en el sistema Solar y en los movimientos de la Tierra para explicar sus consecuencias (día/noche y estaciones)	3, 4, 8
Sistema solar	Estos grupos no amplían tanto como el anterior y parten directamente del sistema Sol-Tierra o del Sistema Solar para incidir en los movimientos de la Tierra y sus consecuencias	1, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 17
Sistema solar y otros	Son grupos que, además de plantear las características del anterior grupo (Sistema Solar) citan otros contenidos a enseñar (sin un elevado nivel de concreción): conocimientos previos o simulaciones/experiencias prácticas	2, 9, 12, 13, 16

Al finalizar el programa, la diversidad de contenidos a enseñar así como la frecuencia de grupos que proponen esos contenidos (tabla 5) cambia considerablemente con respecto a la propuesta inicial de los grupos. De los 33 contenidos iniciales planteados pasamos a 46 en el pos-test, apareciendo contenidos sobre destrezas y habilidades científicas relacionados con el enfoque de enseñanza de las ciencias por IBM. La dispersión de contenidos entre los grupos se amplía respecto a la encontrada al comienzo de curso, mientras que los contenidos “estrella” al comienzo de curso eran los movimientos de rotación-traslación y las definiciones-características del Sol, la Tierra y los planetas, al finalizar el curso destacan las estaciones, el orto y ocaso, el número de horas de luz solar, la trayectoria del Sol, la alternancia día/noche o, en relación a los contenidos IBM, la importancia de las hipótesis formuladas por los alumnos.

Esto pone de manifiesto que los maestros en formación inicial han experimentado una evolución en sus concepciones sobre los contenidos a enseñar, ampliándose con conceptos y hechos que, al comienzo de la propuesta formativa no contemplaban y que están muy relacionados con el conocimiento descriptivo de su entorno (orto y ocaso, trayectoria del Sol, número de horas de luz solar...). La incorporación de destrezas y habilidades propias de la IBM, como la explicitación de hipótesis por los alumnos o la búsqueda de pruebas señala también un desarrollo de sus concepciones sobre la enseñanza-aprendizaje corroborada con la inclusión como contenido de enseñanza en sus propuestas (al final de curso) de numerosas “preguntas”. Más de la mitad de los grupos (10) plantean doce preguntas diferentes, que inciden en su mayoría en las causas (*¿por qué se producen las estaciones?*, *¿Cómo deben llegar los rayos de Sol a la Tierra para que en Almería esto ocurra así?*) o en observaciones (*¿siempre aparece o desaparece por el mismo sitio?*), siendo la pregunta sobre si se mueve el Sol o la Tierra la de mayor frecuencia, lo que interpretamos como una muestra del interés que ha despertado el planteamiento en la propuesta formativa de qué pruebas tenemos de si se mueve la Tierra o el Sol. Algunas de las preguntas reproducen casi literalmente las realizadas en clase (*¿cómo colocar el captador solar...?* o *¿cómo deben de llegar los rayos...?*) lo que parece indicar que estas cuestiones han tenido sentido para ellos y consideran que lo tendrán también para sus futuros alumnos de Primaria. Estas nuevas consideraciones reflejan un cambio en las propuestas de los futuros maestros hacia enfoques de enseñanza centrados en cuestiones con sentido para los que aprenden, que buscan involucrar a los estudiantes y la expresión y discusión de las primeras respuestas.

Al realizar una lectura vertical de la tabla 5 obtenemos “perfiles” de los grupos diferentes de los obtenidos al comienzo de la propuesta formativa: Mientras que al comienzo de la misma manifestaban unos perfiles centrados en la materia a enseñar (tabla 7), muy próxima a la que aparece en la mayoría de los libros de 5^o de Primaria (Universo, Astros, Sistema Solar, Movimientos de la Tierra y consecuencias), al finalizarla, los perfiles manifiestan un grado de proximidad al enfoque integrado (contenidos científicos con enfoque de IBM) desde la total integración (segunda fila de la tabla 8) a una gran lejanía a la IBM como manifiestan los grupos denominados “sin cambio”.

Desconocemos si el hecho de que estos grupos (sin cambio) hayan señalado contenidos similares a los destacados al comienzo de curso, atende a razones de inseguridad con los contenidos aprendidos a lo largo del programa formativo o a que no sabrían cómo enseñarlos a los alumnos de 5^o de Primaria. Si este fuera el caso, podría estar desvelando un logro de la propuesta formativa en cuanto al cuestionamiento de su visión del aprendizaje de las ciencias aunque seguiría manifestando el exceso de peso de la tradición curricular en su concepción de la enseñanza y la vuelta a los contenidos tradicionales.

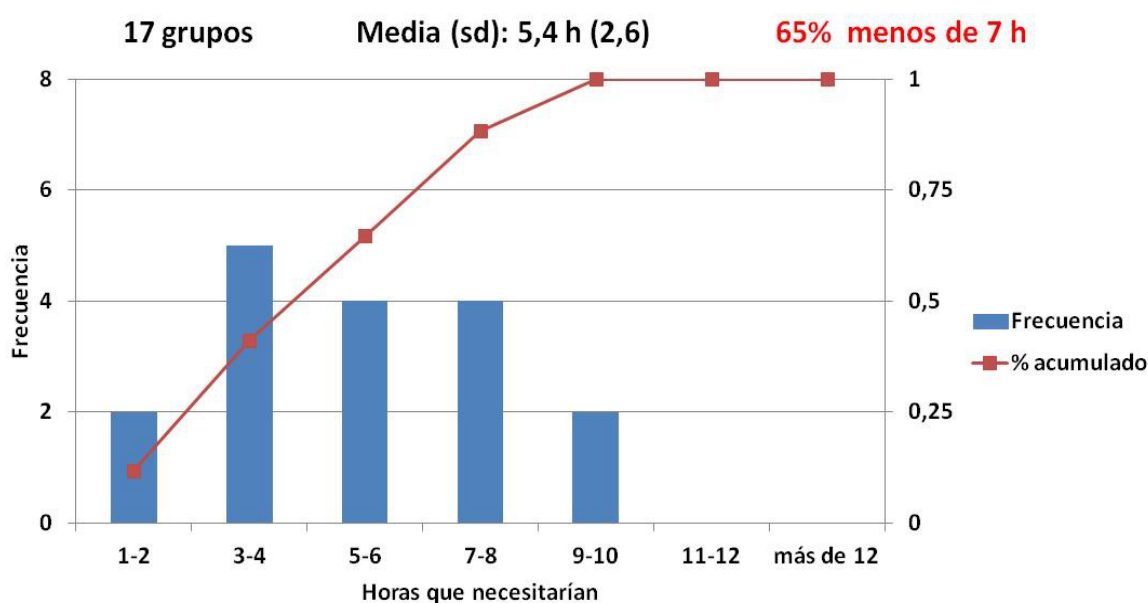
Tabla 8. Perfiles de los grupos identificados al finalizar el programa formativo (06/06/2012).

Perfiles	Características	Grupos
Enfoque integrado <i>(Contenido científico e IBM)</i>	Estos grupos integran contenido científico y el enfoque de indagación de manera explícita (referencias a que los alumnos deben formular hipótesis, contrastarlas, etc.). El contenido a enseñar se ordena en función de IBM: planteamiento de preguntas cercanas, hipótesis, búsqueda de pruebas (medir elevación o azimut), etc.	A, I, N, O
Contenido científico con enfoque IBM <i>(no explícito)</i>	Estos grupos ordenan los contenidos a enseñar siguiendo un enfoque IBM pero sin explicitar que se trata de ese enfoque. Por ejemplo, lanzan una pregunta inicial y cercana, solicitan que busquen pruebas, buscan explicar y plantean ampliación de la secuencia, predecir a otras magnitudes o localidades	B, D, G
Contenido científico con algún elemento IBM	Estos grupos optan por contenidos científicos relacionados con las horas de luz solar o la inclinación de los rayos de Sol pero sólo destacan algunos elementos IBSE como el planteamiento de preguntas (grupo F)	E, F
IBM sin concreción del contenido científico	Describen una secuencia de actividades con enfoque de IBM sin mucha concreción en los contenidos científicos a trabajar. Ejemplo prototípico (grupo C) <ol style="list-style-type: none"> 1. Pediríamos al alumnado que dibuje sus concepciones acerca del tema 2. Elaborar hipótesis sobre los datos que han mostrado 3. Buscar datos para refutar o verificar su hipótesis 4. De manera experimental, en sitios de información fiable 5. Realizar un debate para contrastar información y explicar las hipótesis que son verdaderas y por qué 	C, H, M
Sin cambio	Estos grupos, se centran en conceptos y definiciones de la Tierra, Sol, Sistema Solar, aunque alguno de ellos incorpora el conflicto de si es el Sol o la Tierra quien se mueve (J, K)	J, K, L, Ñ, P, Q

En cualquier caso, la mayoría de los grupos (12 grupos que corresponde al 66,6% del total) manifiestan explícitamente un cambio significativo en relación a la visión del contenido de ciencia a enseñar y de la visión de la enseñanza de la ciencia (cómo enseñarlo) al incorporar elementos de la IBM de manera explícita, o un orden en los contenidos que lo pone de manifiesto. Esto revela que la mayoría de los estudiantes además de cuestionarse estas visiones, han sufrido un cambio hacia enfoques centrados en cuestiones con sentido para los que aprenden, que buscan la expresión y discusión de las primeras respuestas así como la búsqueda y discusión de pruebas.

Resultados sobre las horas de clase que necesitarían para enseñarla

Al comienzo de la propuesta formativa (20/02/2012), las respuestas dadas al apartado *b* de la actividad nos ofrecen información sobre el número de horas de clase que necesitarían para enseñar esos contenidos (gráfica 1).

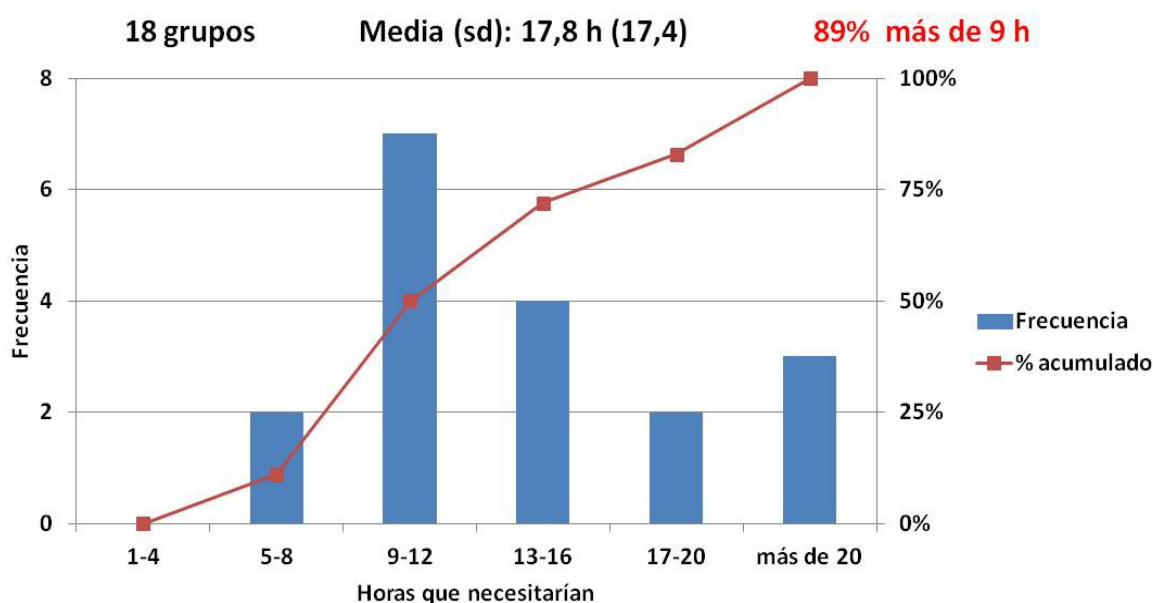


Gráfica 1. Horas de clase necesarias para enseñar S-T al comienzo del programa formativo (20/02/2012).

Según los resultados de la gráfica 1, al comienzo de la propuesta formativa, los estudiantes de Maestro (E. Primaria) consideran que, como máximo, diez horas de clase son suficientes para enseñar los contenidos relacionados con el Sol-Tierra aunque la mayoría de los grupos (65%) considera que con siete horas podría ser suficiente para que sus alumnos aprendan los contenidos científicos señalados.

En la gráfica 2, mostramos los resultados del apartado *b* al finalizar la propuesta formativa. Como puede apreciarse, los resultados varían con respecto al comienzo de curso ya que los futuros maestros consideran necesario dedicar por término medio 17,8 h, con una amplia desviación pues algunos grupos han señalado como necesarias 40 u 80 h. El 61% de los grupos dedicaría entre 10 y 15h, mientras solo el 11% necesitarían menos de 9 horas.

El análisis de estas dos gráficas confirma otro cambio en las concepciones de los futuros maestros tras vivir la propuesta formativa: al comienzo de la misma la mitad consideran necesario poco más de una semana completa de la asignatura Conocimiento del medio natural, social y cultural (con cinco horas semanales en 5º de Primaria) para que los niños/as aprendan lo necesario sobre Sol-Tierra. Al asignarle de 5 a 7 horas están indicando, por un lado, que el grado de dificultad de los contenidos no es excesivo para que los estudiantes de 5º de Primaria los aprendan en pocas horas. Esto puede interpretarse en relación a dos aspectos: por un lado, dado que los contenidos son definiciones y hechos (Sol, Tierra, Planetas), según un enfoque de enseñanza transmisivo, se precisaría poco tiempo y, por otro lado, la visión sobre el aprendizaje de las ciencias que poseen al comienzo de la propuesta formativa, les hace obviar las dificultades de aprendizaje de los niños/as y consideran suficiente cinco horas para que retengan esa información.



Gráfica 2. Horas de clase necesarias para enseñar S-T al finalizar el programa formativo (06/06/2012).

Al finalizar el programa formativo (gráfica 2), los resultados sobre el número de horas necesarias son muy diferentes de las obtenidas al comienzo, pues la media pasa a 17.8 h (más de tres semanas) para desarrollar contenidos más procedimentales (observaciones del orto, ocaso, trayectoria del Sol), siendo considerado por el 81% de los grupos que es necesario dedicar más de 7h (semana y media) a impartir estos contenidos.

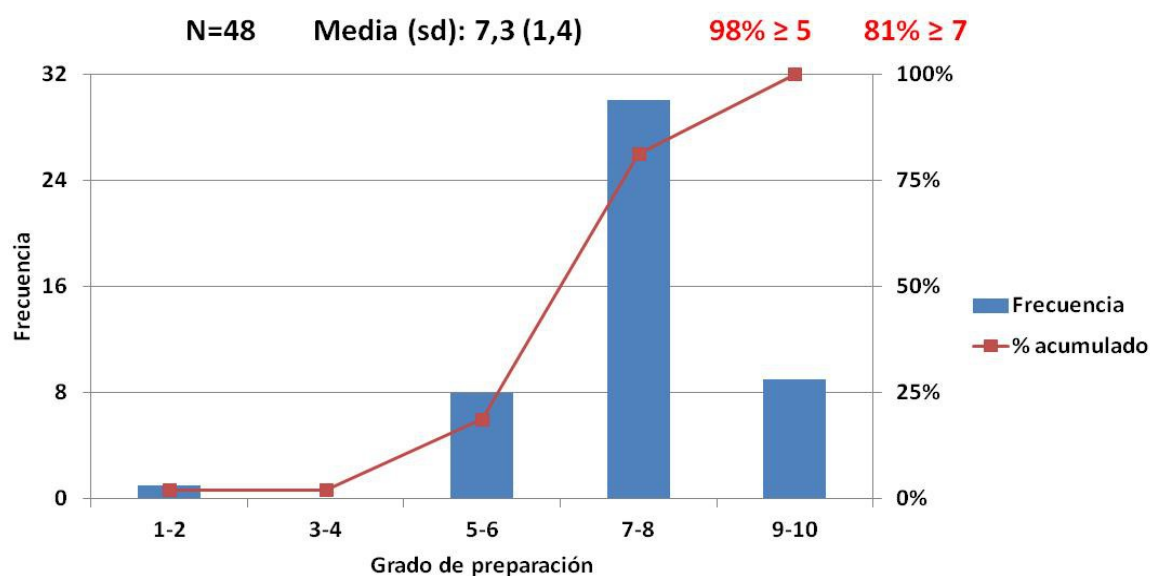
Estas diferencias entre el número de horas asignadas a la enseñanza de Sol-Tierra antes y después del programa formativo parecen indicar:

- El cuestionamiento producido sobre la enseñanza de los contenidos científicos, de manera que, cuando al principio de curso, los contenidos eran definiciones y hechos, reconocían la necesidad de pocas horas para la trasmisión y repetición de esos conceptos. Sin embargo, al finalizar el programa formativo y abrir el abanico de posibilidades de contenidos y de posibles actividades amplían las horas necesarias para enseñarlos, incluso reconociendo algún grupo la necesidad de dedicar más de 80h.
- El cambio sobre qué enseñar también revela una evolución en su percepción sobre las dificultades de esos contenidos científicos a enseñar sobre Sol-Tierra y, por tanto, una modificación en su visión del aprendizaje en Primaria.

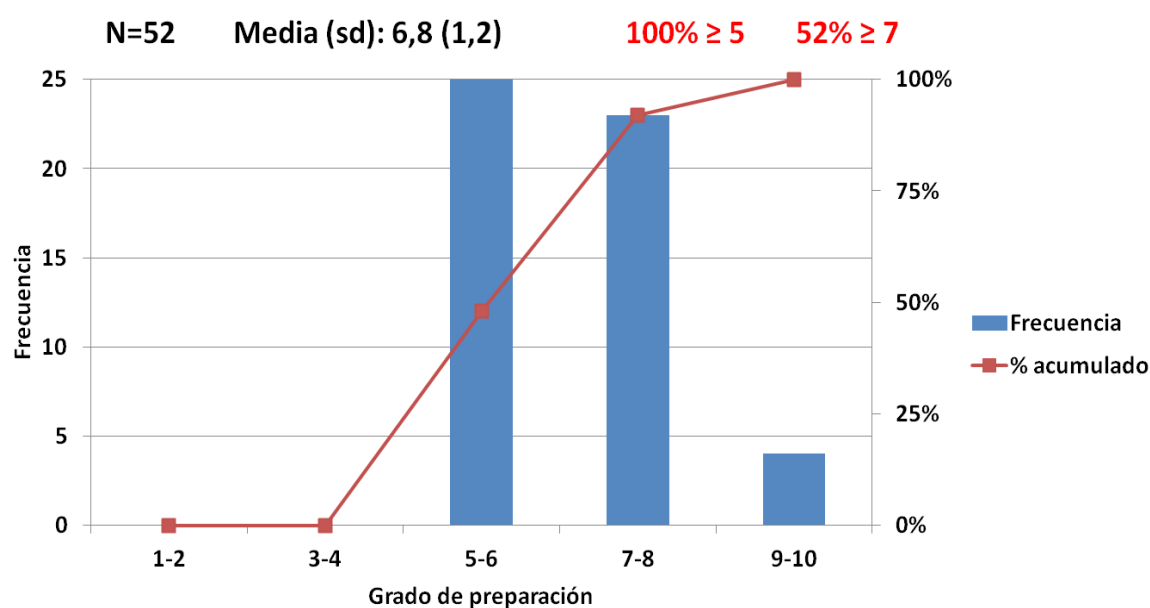
Resultados sobre el grado de preparación para enseñar los contenidos

El apartado *c* de la actividad nos aporta información sobre el grado de preparación (de 0 a 10) que nuestros alumnos se asignan para enseñar los contenidos sobre los movimientos Sol-Tierra. En la gráfica 3 se presentan los resultados de esta valoración al comienzo de la propuesta formativa y en la gráfica 4 al finalizar la misma.

Como puede apreciarse en la gráfica 3, sólo un alumno (2%) valora por debajo de 5 su grado de preparación inicial mientras que el 98% de los futuros maestros, en su primer día del programa formativo valora su grado de preparación por encima de 5, y de ellos el 81% lo valora por encima de 7.



Gráfica 3. Grado de preparación para enseñar S-T al comienzo del programa formativo (20/02/2012)



Gráfica 4. Grado de preparación para enseñar S-T al finalizar el programa formativo (06/06/2012).

En la gráfica 4 los resultados sobre el grado de preparación indican que la totalidad de los alumnos se “aprueban”, valorando por encima de 5 su preparación actual sobre los contenidos científicos relacionados con el sistema Sol-Tierra. El mayor número de estudiantes (25) se sitúa entre el 5-6 seguidos de los que se sitúan entre el 7-8 (23 estudiantes). Tan solo cuatro estudiantes consideran que tienen un grado de preparación sobresaliente.

Las respuestas sobre el grado de preparación que nuestros alumnos se asignan para enseñar los contenidos sobre los movimientos Sol-Tierra, nos sirven para evaluar “el dominio del contenido científico” que consideran tener así como la confianza para enseñarlo. Los resultados del aprobado general por encima de 7 (81%) al comienzo de la propuesta formativa pueden ser un reflejo más de la visión reduccionista del contenido y su visión simplista del dominio del contenido, pues al comienzo de curso se sienten atrevidamente capacitados para enseñar esos contenidos. La principal diferencia encontrada al finalizar la propuesta formativa

(gráfica 4) radica en que la valoración de los estudiantes sobre su grado de preparación ha “disminuido” de un 62% de estudiantes que se valoraban inicialmente con un grado de preparación de 7-8, a un 44%, ascendiendo el porcentaje de alumnos que se valoran con un 5-6 (de un 17% al comienzo a un 48% al final del curso).

De nuevo, los resultados los analizamos a la luz de la dimensión “visión del dominio del contenido científico” y el cuestionamiento que ha sufrido esa visión. Entendemos que, al experimentar la diversidad de contenidos a aprender y su complejidad para aprenderlos, se *sienten* menos preparados para enseñarlos en Primaria, lo que muestra un reconocimiento de que enseñar no es simple y es algo que requiere preparación. Al comienzo del programa formativo, se *sentían* autosuficientes para la enseñanza de definiciones y hechos sobre Sol, Tierra y planetas, lo que manifestaba lo innecesario que era invertir tiempo en su formación para enseñar esos contenidos. No obstante, al finalizar el curso, el descenso en las valoraciones sobre su preparación puede guardar relación con su satisfacción por el tiempo dedicado a formarlos en ese contenido, así como posiblemente implique el reconocimiento de la necesidad de seguir formándose para dominar el contenido científico a enseñar.

Conclusiones

Una actividad de aula de una asignatura DCE I, diseñada con el objetivo de que reflexionen (antes y después del curso) sobre qué enseñar acerca de un tema concreto (en nuestro caso, Sol-Tierra), cuánto tiempo le dedicarían y la autovaloración del grado de preparación para enseñarlo, nos permite, por un lado, realizar una evaluación docente al conocer la evolución en sus propias ideas al principio y al finalizar la propuesta formativa, pero también nos aporta a los docentes-investigadores información sobre el efecto de la propuesta formativa en la modificación (o no) de las concepciones de nuestros estudiantes, futuros maestros.

Como hemos indicado en la tabla 1, dos de los objetivos de la propuesta formativa (Martínez-Chico et. al., en prensa) eran *cuestionar el pensamiento de sentido común sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias* y *reconocer las características del enfoque de enseñanza por indagación basada en modelos (IBM)*. Para analizar si se han logrado estos objetivos hemos utilizado la actividad de la tabla 2 a modo de pre-test y pos-test, aportándonos resultados sobre la evolución de las concepciones de los estudiantes en relación a:

- *Las concepciones ingenuas sobre el aprendizaje*
- *La eficacia de los enfoques de enseñanza*
- *El reduccionismo conceptual del contenido de la enseñanza de las ciencias*

En este sentido, al comienzo de la propuesta formativa, los estudiantes de Maestro E. Primaria manifestaban en sus respuestas este *reduccionismo conceptual* al centrar los contenidos en definiciones y conceptos, apareciendo perfiles muy similares centrados en el Sistema Solar (14 de los 17 grupos iniciales), con algunos grupos (3) que descontextualizan el contenido pues parten de lo más lejano (Universo) e inciden al igual que el resto en el Sistema Solar y en los movimientos de la Tierra (rotación y traslación). El cambio en los perfiles de casi todos los grupos al finalizar la propuesta formativa, con siete grupos que integran IBM con contenidos científicos conceptuales (orto, ocaso, azimut, horas de Sol, trayectoria del Sol, etc.) otros siete grupos que manifiestan estos contenidos científicos (2) o contenidos procedimentales propios de la IBM (5) parece estar directamente ligado al haber *vivido* una propuesta formativa que les ha hecho aprender contenidos sobre Sol-Tierra; contenidos que al comienzo de la propuesta desconocían y un enfoque de enseñanza (IBM) que son capaces de reconocer al finalizarla.

Esta evolución hacia concepciones más amplias del contenido no sólo se manifiesta en los contenidos que enseñarían, sino también en las horas que le dedicarían cuyo cambio indica la necesidad del alumnado de dedicar más tiempo a la enseñanza de esos contenidos, mostrando el reconocimiento de que el aprendizaje no es rápido como proponían al principio (unas cinco horas). Al vivir ellos el proceso de aprendizaje de “otros” contenidos (horas de Sol, trayectoria a lo largo del año y en diferentes localidades) toman conciencia de la necesidad de dedicar el tiempo suficiente para permitir el aprendizaje. Este hecho (aumento de las horas que dedicarían) refleja un cambio sobre en su visión sobre el enfoque de enseñanza a utilizar: de un enfoque transmisivo inicial a un enfoque centrado en el planteamiento de cuestiones que involucren a los alumnos y la necesidad de buscar pruebas, como señalan tanto las preguntas como los contenidos IBM propuestos (hipótesis, pruebas, etc.) por los futuros maestros al finalizar el curso.

Consideramos que el cambio hacia visiones más constructivistas del aprendizaje se ha puesto de manifiesto en la valoración sobre su propio aprendizaje que muestran los resultados sobre el grado de preparación que consideran tener. Al reconocerse al final del curso “menos preparados” que al comienzo muestran su percepción de la complejidad del proceso de enseñanza-aprendizaje y el cambio de visión del aprendizaje que han experimentado al situarse en el lugar *del que aprende algo nuevo* (Dennis, 2000): sus dificultades, sus incomprensiones o sus emociones como las dudas, inseguridades, satisfacciones, etc. Otra idea que podemos extraer de este hecho (disminución en el grado de preparación) es que es posible que se haya despertado entre el alumnado la necesidad de continuar formándose (al conocer otros contenidos relacionados con un tema que preveían “fácil”, les han surgido dudas sobre otros contenidos y empiezan a vislumbrar las carencias de su conocimiento científico y didáctico del contenido a enseñar en Primaria) y, si así fuera, podríamos afirmar que esta generación de una “demanda” formativa es otro logro del efecto de la propuesta diseñada en aras de la profesionalización de estos futuros maestros y de su desarrollo profesional, al promoverse que reconozcan la importancia de continuar formándose de manera permanente y continua (COSCE, 2011). Pero, por otro lado, hemos de ser cautos, ya que estos resultados también podrían suponer la tendencia de estos futuros maestros a volver a enfoques en los que se sientan más seguros o que requieran la dedicación de menos horas de clase, sobre todo en aquellos docentes preocupados por cubrir el programa de contenidos.

No obstante, no podemos obviar que un tercio de los grupos al finalizar la propuesta formativa muestra un perfil muy similar al del comienzo, no presentando cambio alguno en cuanto a los contenidos a enseñar o al número de horas que dedicarían, poniéndose de manifiesto la ya reconocida resistencia al cambio del profesorado en formación (Guisasola, Barragués y Garmendia, 2013). Además de asumir que la propuesta formativa no ha producido el efecto deseado en *todos* los futuros maestros que la cursaron, podemos señalar que, tal vez, los estudiantes propusieron los mismos contenidos conceptuales debido a su percepción de que la experiencia de aprendizaje vivida podía ser poco adecuada para el nivel de sus futuros alumnos de Primaria.

Estos hechos (resistencia al cambio de algunos grupos y el sentirse “menos preparados”) nos preocuparía especialmente si en su plan de estudios no figurara una asignatura DCE II (tabla 1) cuyo objetivo principal sea la transposición al contexto escolar de este y otros contenidos científicos en su último curso de carrera cuando estén más próximos a la práctica profesional y se convierta en un auténtico problema de estos estudiantes.

Para completar este estudio y contar con más evidencias experimentales, es necesario ampliar el abanico de variables a analizar, así como la variedad de instrumentos y metodologías utilizadas. En el caso de este trabajo sobre las concepciones didácticas de los maestros en

formación, a fin de confirmar la información aportada por la actividad desarrollada, en otro trabajo más amplio (Martínez-Chico, 2013) hemos realizado una triangulación de resultados en este artículo presentados con datos de un cuestionario pre/post, de las encuestas de satisfacción del alumnado y con el análisis documental de los diarios y foros online realizados por los maestros en formación inicial.

Agradecimientos

Parte de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del proyecto SENSOCIENCIA-P11-SEJ-7385 la convocatoria 2011 de proyectos de excelencia (MOTRICES Y Promoción General del Conocimiento) y del plan de formación de personal docente e investigador predoctoral en áreas de conocimiento deficitarias de la Junta de Andalucía.

Referencias bibliográficas

- Abell, S.K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. En Abell, S.K. y Lederman, N. (eds.) *Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1151-1178.
- Akerson, V. L., y Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains. *Science & Education*. doi:10.1007/s11191-012-9520-2.
- COSCE, Confederación de Sociedades Científicas de España. (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Último acceso el 14 de marzo de 2013 desde http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Dennis, E. C. (2000). Globos flotantes, teorías flotantes. En Rosebery y Warren (comp.). *Barcos, globos y vídeos en el aula: enseñar ciencias como indagación*. Gedisa. Barcelona, 27-42.
- De Pro, A. y Saura, O. (2000). ¿Qué contenidos conceptuales utilizan los profesores cuando planifican unidades didácticas en la educación secundaria? *Alambique*, 24, 87-98.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), 188-199.
- Guisasola, J., Barragués, J. I. y Garmendia, M. (2013). El Máster de Formación Inicial del Profesorado de Secundaria y el conocimiento práctico profesional del futuro profesorado de Ciencias Experimentales, Matemáticas y Tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10, 568-581.
- Hewson, P.W., Tabachnick, B.R., Zeichner, K.M. y Lemberger, J. (1999). Education prospective teachers of Biology: findings, limitations and recommendations. *Science Education*, 83 (3), 373-384.
- Khan, S. (2007). Model-based inquiries in chemistry. *Science Education*, 91, 877-905.
- Martínez-Chico, M. (2013). *Formación inicial de maestros para la enseñanza de las ciencias. Diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza*. (Tesis doctoral). Editorial Universidad de Almería.
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Jiménez-Liso, M.R. (en prensa). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*. Artículo aceptado para su revisión.

- Milner, A., Sondergeld, T. A., Demir, A., Johnson, C.C., y Czerniak, C.M. (2012). Elementary Teachers' Beliefs About Teaching Science and Classroom Practice: An Examination of Pre/Post NCLB Testing in Science. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (2), 111–132.
- NRC, National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. National Academy Press, Washington, DC.
- Porlán, R., Martín del Pozo, M.R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, M.P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las ciencias*, 28 (1), 31-46.
- Rodríguez-Simarro, C. (2011). *Visions del professorat de ciències sobre el treball experimental a les etapes de transició entre primària i secundària: Anàlisi des d'un marc d'indagació*. Master's thesis. Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Schwarz, C. V., y Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8 Science Teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.
- Schwarz, C. V. Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., ... y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632–654.
- Scott, P., Mortimer, E. y Aguiar, O. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90 (4), 605-631.
- Stewart, J., Cartier, J. L., Y Passmore, C. M. (2005). Developing understanding through model-based inquiry. In M. S. Donovan & J. D. Bransford (Eds.), *How students learn* (pp. 515-565). Washington D.C.: National Research Council.
- Tobin, K. y Espinet, M. (1989). Impediments to change: application of coaching in high school science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.
- Viennot, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportaran múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 18, 22-36.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En: Gabel D.L. (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. A Project of the National Science Teachers Association. MacMillan Pub. Co.: New York, 177-210.
- Windschitl, M. Y Thompson, J. (2006). Transcending simple forms of school science investigations: Can pre-service instruction foster teachers' understandings of model-based inquiry? *American Educational Research Journal*, 43(4), 783-835.
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92: 941–967.